(19) Deutsches Patent- und Markenamt

(10) **DE 694 33 498 T3** 2015.02.19

# (12) Übersetzung der geänderten europäischen Patentschrift

(97) **EP 0 692 138 B2**
(21) Deutsches Aktenzeichen: **694 33 498.7**
(86) PCT-Aktenzeichen: **PCT/US94/03611**
(96) Europäisches Aktenzeichen: **94 91 2385.5**
(87) PCT-Veröffentlichungs-Nr.: **WO 1994/023440**
(86) PCT-Anmeldetag: **01.04.1994**
(87) Veröffentlichungstag der PCT-Anmeldung: **13.10.1994**
(97) Erstveröffentlichung durch das EPA: **17.01.1996**
(97) Veröffentlichungstag der Patenterteilung beim EPA: **21.01.2004**
(97) Veröffentlichungstag des geänderten Patents beim EPA: **22.10.2014**
(47) Veröffentlichungstag im Patentblatt: **19.02.2015**

(51) Int Cl.: ***H01J 37/34*** (2006.01)

**Patentschrift wurde im Einspruchsverfahren geändert**

(30) Unionspriorität:
**42619** **02.04.1993** **US**

(73) Patentinhaber:
**Advanced Energy Industries, Inc., Fort Collins, Col., US**

(74) Vertreter:
**Kador & Partner, 80469 München, DE**

(84) Benannte Vertragsstaaten:
**AT, BE, CH, DE, DK, ES, FR, GB, GR, IE, IT, LI, LU, MC, NL, PT, SE**

(72) Erfinder:
**DRUMMOND, Geoffrey, N., Fort Collins, US**

(54) Bezeichnung: **REAKTIVES GLEICHSTROM-ZERSTÄUBUNGSSYSTEM**

Die Übersetzung ist gemäß Artikel II § 3 Abs. 1 IntPatÜG 1991 vom Patentinhaber eingereicht worden. Sie wurde vom Deutschen Patent- und Markenamt inhaltlich nicht geprüft.

**Beschreibung**

I. TECHNISCHES GEBIET

**[0001]** Diese Erfindung betrifft allgemein reaktive Katodenzerstäubungssysteme, bei denen ein Plasma eine Bearbeitung auf einem Substrat bewirkt. Insbesondere wird die Erfindung bei der Gleichstromkatodenzerstäubung bei der Beschichtung mit einigen isolierenden Materialien, die im Beschichtungsverfahren durch eine chemische Reaktion gebildet werden, angewendet. Sie betrifft außerdem Ausführungen der Leistungsversorgung, die bei solchen Anwendungen verwendet wird.

II. STAND DER TECHNIK

**[0002]** Das Gebiet der Gleichstrom-Plasmabearbeitung ist ein wohl bekanntes Gebiet. Bei diesen Verfahren erzeugt eine Gleichstromleistungsversorgung ein elektrisches Potential zwischen einer Katode und einer Anode und erzeugt dadurch ein Plasma. In der Ablagerungsbetriebsart wirkt das Plasma dann auf ein Materialtarget, um einen dünnen Film auf einem Substrat zu erzeugen. Dieser dünne Film kann entweder aus dem Targetmaterial selbst gebildet sein oder das Ergebnis einer Reaktion mit einem Element in der Beschichtungskammer sein. Es ist der letztere Fall, der ”reaktive Katodenzerstäubung” genannt wird, mit dem sich die Erfindung hauptsächlich befasst. Natürlich variieren sowohl die beteiligten Materialien und Elemente als auch die spezifischen Anwendungen stark. Die Anwendungen können von der Beschichtung architektonischen Glases bis zur Erzeugung von Mikrochips reichen.

**[0003]** Eine der Herausforderungen bei vielen solchen Anwendungen ist, dass elektrische Entladungen oder Lichtbögen auftreten können. Dies gilt besonders bei der reaktiven Katodenzerstäubung, wenn das reaktive Produkt ein Isolator wie etwa Aluminiumoxid ($Al_2O_3$) ist. Als ein Beispiel ist diese Art des Beschichtungsverfahrens besonders herausfordernd, weil sie das Bilden isolierender Bereiche auf dem Materialtarget und ihren Beschuss mit Ionen mit sich bringt. Dies führt zum Aufladen der isolierenden Bereiche, was ein elektrisches Durchschlagen des Isolators hervorrufen kann. Im Ergebnis kann die elektrische Umgebung während der reaktiven Plasmabearbeitung besonders förderlich für Lichtbogenentladungen sein. Diese Lichtbogenentladungen sind unerwünscht, nicht nur, weil sie potentielle Ungleichmäßigkeiten im Beschichtungsverfahren darstellen, sondern weil sie außerdem zur Erzeugung von Partikeln führen können, die wiederum Fehler in empfindlichen Gegenständen wie etwa in Computerplatten und integrierten Schaltungen verursachen können. Außerdem kann es notwendig sein, die Leistungsversorgung dadurch vor Lichtbogenentladungen zu schützen, dass sie momentan ausgeschaltet wird, wobei dies den Durchsatz negativ beeinflussen kann. Ebenso kann die Bearbeitung selbst durch solche isolierenden Bereiche negativ beeinflusst werden. Dies kann zu einer Anzahl von Ergebnissen führen, die vom Ändern der Eigenschaften des dünnen Films bis zum Beeinflussen der Geschwindigkeit oder der Art der Bearbeitung reichen. In dieser Hinsicht ist das Verfahren selbst sehr empirisch. Oft sind diese Wirkungen und ihre Lösungen unvorhersagbar und werden nach einigem Probieren ohne ein vollständiges Verständnis der genauen Auswirkungen auf das Verfahren erreicht.

**[0004]** Was das beobachtbare Problem des Auftretens von Lichtbögen anbelangt, so ist dieser Aspekt dem Fachmann auf dem Gebiet wohlbekannt, wobei er bei der gewöhnlichen metallischen Katodenzerstäubung sowie bei der reaktiven Katodenzerstäubung von Filmen, die nicht zu stark isolierend sind, mit begrenztem Erfolg angegangen worden ist. Anfangs war es üblich, das Verfahren vollständig abzuschalten und die Kammer vor einem Wiederanlaufen eventuell sogar zu reinigen. In anderen Fällen wurden niedrigere Bearbeitungsgeschwindigkeiten verwendet, damit Lichtbögen seltener auftreten. Vor kurzem ist versucht worden, durch schnelles Abschalten der Leistungsversorgung den Lichtbogen zum Plasma selbst abzulenken. Leider wurden die meisten dieser Lösungen erst wirksam, nachdem ein Schaden hervorgerufen worden war, und dienten folglich dazu, Probleme bei empfindlicheren Bearbeitungsumgebungen zu minimieren, jedoch nicht vollständig zu vermeiden. Bei vielen Anwendungen sind außerdem umschaltbare oder energiespeicherarme Leistungsversorgungen verwendet worden, um so schnell wie möglich zu reagieren. Trotz der Tatsache, dass sie von Natur aus weniger Energie speichern und folglich manipuliert werden können, um die negativen Wirkungen eines solchen Auftretens von Lichtbögen zu minimieren, hat ihre Verwendung allein für viele Bearbeitungsumgebungen nicht ausgereicht. Interessanterweise wurden Lösungen von Komponentenentwicklern oft ohne eine vollständige Erklärung für jene, die mit der Bearbeitung selbst zu tun haben, genutzt, weil die Schaltungsanordnung als urheberrechtlich geschützt angesehen wurde. Dies könnte zu einer Verdopplung der Anstrengungen und zu einem begrenzten Fortschritt beim Verständnis des Wesens. des Problems geführt haben, wobei im Ergebnis die Entwicklung von Lösungen in erster Linie eher das Ergebnis einzelner Anstrengungen als einer koordinierten Vorgehensweise gewesen ist. Eine Lösung, die öffentlich verfolgt worden ist, ist die Verwendung von frequenzorientierten Komponenten gewesen, um einen Kondensator durch einen Induktor in der Weise zu entladen, dass der Strom umgekehrt wird, um den Lichtbogen zu invertieren oder auszulöschen. Leider bewirkt diese Lösung, dass sich der Strom im Lichtbogen anfangs erhöht, so dass das Problem folglich verstärkt werden kann, bevor

es gelöst wird. Diese Lösung ist wiederum besonders in verbesserten Bearbeitungsumgebungen unerwünscht, wobei keine der oben genannten Lösungen gut genug funktioniert, wenn das Verfahren reaktiv ist und wenn das Reaktionsprodukt ein guter Isolator ist. In dieser Situation ist die durch Gleichstrom betriebene reaktive Katodenzerstäubung wegen des Fehlens einer geeigneten Lösung zum Umgang mit dem Lichtbogen im Allgemeinen zugunsten anderer, teurerer Lösungsansätze (wie etwa der Hochfrequenz-Katodenzerstäubung) aufgegeben worden.

**[0005]** Die vorliegende Erfindung bewirkt, dass das Auftreten von Lichtbögen bei allen Verfahren, besonders jedoch bei äußerst anspruchsvollen Bearbeitungsumgebungen wie etwa bei der Katodenzerstäubung von hochisolierenden Filmen durch reaktive Katodenzerstäubung eines leitenden Targets unter Verwendung einer Gleichstromleistung für die Bearbeitung praktisch beseitigt wird. Sie erreicht dies durch das periodische Entfernen unausgeglichener Ladungsansammlungen und dadurch das Beseitigen der Ursprungsquelle des Lichtbogens. Sie bewirkt außerdem, dass durch das Unterbrechen der Leistungsversorgung oder sogar durch das Umkehren der Spannung erhebliche Bearbeitungsbeschränkungen und Auswirkungen auf die Bearbeitung ungeachtet der genauen Ursache des Problems vermieden werden.

**[0006]** DE-A-4 113 704 offenbart die Verwendung von Induktoren, um die nachteiligen Wirkungen von Lichtbögen zu vermeiden.

**[0007]** US-A-5 192 894 offenbart eine Schaltung zur Unterdrückung von Lichtbögen in einem Plasma, bei der der Momentanwert der Spannung des Plasmas mit dem Mittelwert der Spannung, der über einen Zeitraum bestimmt worden ist, verglichen wird und der Plasmaweg als Reaktion auf das Ergebnis isoliert wird.

**[0008]** GB-A-2 045 553 offenbart ein System, bei dem dann, wenn ein vorgegebener Schwellenwert an einer Plasmakammer überschritten wird, eine Schaltung das Wegnehmen der Plasmaspannung bewirkt.

**[0009]** EP-A-553 410 betrifft eine Vorrichtung für das Beschichten eines Substrats mit elektrisch nicht leitenden Beschichtungen aus einem elektrisch leitenden Target in einer reaktiven Atmosphäre mit einer in einer evakuierbaren Beschichtungskammer angeordneten Katode. Über eine Gleichstromleistungsquelle kann eine entgegengesetzte Spannung angelegt werden. JP 02-141572 A offenbart ein Verfahren und eine Vorrichtung zur Bias-Katodenzerstäubung, um Beschädigung eines Substrats und eines Targets zu verhindern.

## III. DARSTELLUNG DER ERFINDUNG

**[0010]** Gemäß der vorliegenden Erfindung wie beansprucht wird das Auftreten von Lichtbögen in einem reaktiven Katodenzerstäubungs-Gleichstrom-Plasmabearbeitungsverfahren minimiert, wobei das Verfahren umfasst: das Zuführen eines leitenden Materialtargets (**6**), um in einer Beschichtungskammer (**2**) Beschichtungsmaterial freizusetzen, Zuführen wenigstens eines reaktiven Gases in die Beschichtungskammer, wobei das Gas mit dem Beschichtungsmaterial reagiert, um elektrisch isolierendes Material zu bilden, Zuführen von Gleichstromleistung durch Anlegen einer Gleichspannung in die Beschichtungskammer aus einer Gleichstromleistungsquelle, um ein aus geladenen Teilchen gebildetes Plasma (**5**) zu erzeugen, und Hervorrufen einer Ablagerung wenigstens eines Teils des elektrisch isolierenden Materials auf einem Substrat (**7**) durch die Wirkung des Plasmas, gekennzeichnet durch das periodische Umkehren der das Plasma erzeugenden Spannung während einer Zeitspanne im Bereich zwischen 1 und 10 Mikrosekunden ohne Auslöschung des Plasmas, wobei die Umkehrung jeweils nach einer Zeit im Bereich von 10 Mikrosekunden bis 2000 Mikrosekunden durch Anlegen einer entgegengesetzten Spannung mit einem Pegel im Bereich zwischen 5 und 20 Prozent der Gleichspannung bewirkt wird.

**[0011]** Die vorliegende Erfindung, wie sie beansprucht ist, offenbart sowohl die grundlegenden Bedingungen als auch die Schaltungsanordnungen, durch die das Auftreten von Lichtbögen praktisch beseitigt wird und die in einem reaktiven Gleichstrom-Katodenzerstäubungssystem Bearbeitungsvorteile bieten. In einer Hinsicht offenbart die vorliegende Erfindung, wie sie beansprucht ist, eine Technik der periodischen Erneuerung des Plasmas und des elektrischen Zustands der Oberflächen im Ablagerungssystem, um an erster Stelle potentielle Lichtbogenvoraussetzungen zu vermeiden. In anderer Hinsicht offenbart sie eine Bearbeitungstechnik anderer Art, welche die Bearbeitung verbessert. Außerdem umfasst die Erfindung, wie sie beansprucht ist, eine Vielfalt von Ausführungsformen, durch welche die Zufuhr von Gleichstromleistung unterbrochen werden kann, durch welche der Plasmastrom bei dem tatsächlichen oder dem beginnenden Auftreten eines Lichtbogens sofort angehalten oder verringert werden kann, durch welche die Spannung umgekehrt wird, und durch welche die Voraussetzung, die den potentiellen Lichtbogen an erster Stelle verursacht, zunichte gemacht wird. In ihrer bevorzugten Ausführungsform umfasst die Erfindung, wie sie beansprucht ist, einen zweistufigen angezapften Induktor, der auf Masse geschaltet wird. Der Schalter wird periodisch oder beim Auftreten eines Lichtbogenzustands (eines tatsächlichen oder eines beginnenden Auftretens eines Lichtbogens) ausgelöst, wo-

bei die Schaltungsanordnung das Umkehren der an das Plasma angelegten Spannung bewirkt. Dies kann entweder allgemein die Bearbeitung verbessern oder kann positiv Elektronen von dem Plasma anziehen, um jede Ladungsansammlung, die eine Situation eines Lichtbogens herbeiführen könnte, zu zerstreuen. Die Erfindung offenbart außerdem Techniken für das Erfassen eines Lichtbogenzustands oder sogar des beginnenden Auftretens eines Lichtbogens, so dass eine sofortige Reaktion möglich ist.

**[0012]** Dementsprechend ist es eine Aufgabe der Erfindung, das Plasma und den elektrischen Zustand der Systemoberflächen in einem Gleichstrom-Plasmabearbeitungssystem periodisch zu erneuern, um die Wahrscheinlichkeit, dass ein Lichtbogen auftritt, wesentlich zu verringern. Eine Aufgabe ist, dies automatisch und eventuell sogar regelmäßig zu erreichen. Eine weitere Aufgabe ist es, nicht nur auf Lichtbögen, die auftreten (oder gerade beginnen aufzutreten), zu reagieren, sondern ein solches Auftreten von vornherein zu vermeiden. Folglich ist es eine Aufgabe, allgemeine Entwurfskriterien aufzuführen, durch die Systeme manipuliert werden können, um das Auftreten von Lichtbögen so gering wie möglich zu halten oder sogar von vornherein zu vermeiden, dadurch dass das Plasma periodisch erneuert wird und dass die Systemoberflächen von Ionenansammlungen befreit werden.

## IV. KURZBESCHREIBUNG DER ZEICHNUNG

**[0013] Fig.** 1 ist ein Schaltschema eines Bearbeitungssystems, das eine Ausführungsform der vorliegenden Erfindung umfasst.

**[0014] Fig.** 2 ist eine graphische Darstellung, welche die relativen Strom- und Spannungsänderungen zeigt, wie sie durch eine Ausführungsform der Erfindung in Reaktion auf ein zeitlich gesteuertes oder selbstausgelöstes Ereignis erzeugt werden.

**[0015] Fig.** 3 ist eine graphische Darstellung, welche die relativen Strom- und Spannungsänderungen zeigt, wie sie durch eine Ausführungsform der Erfindung in Reaktion auf einen potentiellen Lichtbogenfall erzeugt werden.

## V. BESTE AUSFÜHRUNGSFORM DER ERFINDUNG

**[0016]** Wie leicht offensichtlich wird, können die Grundkonzepte der vorliegenden Erfindung auf vielfältige Weise ausgeführt werden. Die Ausführungsform eines angezapften Induktors kann anhand der **Fig.** 1 leicht verstanden werden. Im Allgemeinen enthält das reaktive Gleichstrom-Katodenzerstäubungssystem die in **Fig.** 1 gezeigten Elemente. Im Besonderen ist die Gleichstromleistungsquelle (**1**) mit der Beschichtungskammer (**2**) verbunden, in der die Katode (**4**) und die Anode (**3**) enthalten sind. In der Ablagerungsbetriebsart bewirkt die Gleichstromleistungsquelle (**1**) durch das Erzeugen eines elektrischen Potentials an einem Materialtarget (**6**) (oder an der Katode (**4**)) und an der Anode (**3**), um zu einem Plasma (**5**) zu führen, die Ablagerung eines Beschichtungsmaterials. Das Plasma (**5**) wirkt dann auf das Materialtarget (**6**), um zu einer Beschichtung auf einem Substrat (**7**) zu führen. Das Materialtarget (**6**) kann in der Weise positioniert oder angeordnet sein, dass Beschichtungsmaterial freigesetzt wird, das bei der Bearbeitung verbraucht wird. Diese Beschichtung kann bis zu einem gewissen Grad ein elektrisch isolierendes Material, wie etwa das ursprüngliche Targetmaterial, in Kombination mit weiteren Elementen, wie etwa mit einem reaktiven Gas oder mit mehreren reaktiven Gasen, die in der Versorgung für reaktives Gas (**23**) enthalten sein können, sein. Ferner kann die Katode (**4**) tatsächlich das Materialtarget (**6**) sein, wie leicht verständlich ist. Trotzdem bewirkt die Gleichstromleistungsquelle (**1**), dass dem Plasmalastkreis über die erste Leitung (**8**) und über die zweite Leitung (**9**) eine abgegebene Gleichstromleistung zugeführt wird, um durch die Wirkung des Plasmas eine Ablagerung hervorzurufen.

**[0017]** Was die Erzeugung von elektrisch isolierendem Material anbelangt, so ist selbstverständlich, dass es nicht sein muss, dass nur Isoliermaterial erzeugt und abgelagert wird. Es ist möglich, dass eine Anzahl von Arten erzeugt wird und dass nur einige davon elektrisch isolierendes Material sind. Die Probleme der Ladungsansammlung und der Verschlechterung des Verfahrens können dennoch existieren. Es ist außerdem möglich, dass das elektrisch isolierende Material, das die Probleme hervorruft, nicht das auf das Substrat (**7**) abgelagerte Material ist. Die Techniken der vorliegenden Erfindung wiederum können ungeachtet des Wesens der Probleme oder der Ablagerung Verbesserungen bewirken.

**[0018]** In Bezug auf das Problem des Auftretens von Lichtbögen ist es selbstverständlich, dass bei einer ausreichenden Spannung und bei einer ausreichenden Uneinheitlichkeit der Bearbeitungsumgebungen in der Beschichtungskammer (**2**) Lichtbogenentladungen von dem Plasma (**5**) oder von der Katode (**4**) zur Anode (**3**) und zum Materialtarget (**6**) auftreten können. Es ist selbstverständlich, dass derartige Entladungen aus einer Vielzahl von Gründen auftreten können. In dem speziellen Fall der reaktiven Katodenzerstäubung, bei dem das Reaktionsprodukt ein guter Isolator ist, können Lichtbogenentladungen durch den Einschuss von Elektronen von einer Stelle auf dem Target in das Plasma hervorgerufen werden. Die Elektronen können von dem zerstörenden Durchbruch des isolierenden Films an dem Target kommen, der sich durch das reaktive Gas oder durch die reaktiven Gase, die bei dem Verfahren verwendet werden, gebildet hat. Der Durchbruch scheint auf-

grund der Ladung auf der Materialtargetoberfläche aufzutreten. Da sich das Plasma aus positiv und negativ geladenen Teilchen zusammensetzt, kann dies auf das Auftreten von Ionen zurückzuführen sein, die von dem Plasma durch das Gleichstrompotential, das durch die Leistungsquelle dort erzeugt wird, angezogen werden.

**[0019]** Wenn Überschusselektronen in das Plasma eingeschossen werden, kann ein Bereich auftreten, der zu einer starken elektrischen Leitung neigt. Von potentieller Wichtigkeit für das Verständnis der vorliegenden Erfindung bei vielen Anwendungen ist die Tatsache, dass sich die Zunahme der Plasmadichte in dem Bereich des Lichtbogens durch den Mechanismus der Stoßionisation neutraler Gasatome aufgrund des fortgesetzten Einströmens von Elektronen von dem Target mit der Zeit schnell erhöhen kann, um zu dem als Lichtbogen bekannten Pfad niedriger Impedanz zu werden. Selbst wenn die Leistungsquelle diesen Zustand relativ schnell erfasst, kann an dem dünnen reaktiven Film, der an der Targetoberfläche wachst, ein Schaden hervorgerufen werden, wobei dieser Schaden dazu führen kann, dass Partikel erzeugt werden, die wiederum die Produktausbeute im Endprozess verringern können. Wenn die Leistungsquelle den Lichtbogenzustand nicht schnell erfasst, kann sogar ein größerer Schaden an der Targetoberfläche einschließlich der Bildung und des Ausstoßes von geschmolzenem Material aus dem Targetausgangsmetall hervorgerufen werden. Es ist eine doppelte Aufgabe dieser Erfindung, die Bildung von Lichtbögen zu verhindern, indem eine Ladungsansammlung auf den Systemoberflächen verhindert wird und außerdem sehr schnell reagiert wird, wenn die Voraussetzungen für eine Lichtbogenbildung vorliegen, um zu verhindern, dass sich die Plasmadichte bis zu potentiell zerstörerischen Niveaus aufbaut. Die erste dieser doppelten Aufgabe kann auf wenigstens eine Art gelöst werden, wenn die Spannung an dem Target periodisch für eine kurze Zeit umgekehrt wird. Die Spannungsumkehrung kann Elektronen von dem Plasma anziehen, so dass eine unausgeglichene Ansammlung von Ionen oder anderen geladenen Teilchen an der Targetoberfläche oder woanders entladen wird, wobei, wenn dies nur für eine kurze Zeit geschieht, die positiven Ionen, die durch die positive Spannung abgestoßen werden können, vielleicht keine Zeit haben, sich weit zu bewegen, bevor die ursprüngliche negative Spannung wiederhergestellt ist. Die zweite der doppelten Aufgabe wird auf dieselbe Art gelöst, wobei, wenn zum Zeitpunkt der Erfassung einer Lichtbogenbildungsvoraussetzung die Spannung an dem Target umgekehrt wird, Elektronen von der Stelle des Plasmalichtbogens entfernt werden, was den Lichtbogen am Aufbau hindert. Deshalb werden beide Aufgaben durch die Maßnahme der Spannungsumkehrung gelöst, in einem Fall nach dem Erfassen einer Lichtbogenbildungsvoraussetzung und im anderen Fall nach dem Befehl eines periodischen Taktgebers. Jede dieser Techniken bewirkt das Beseitigen einer unausgeglichenen Ansammlung geladener Teilchen, obwohl sie nicht alle unausgeglichenen Ladungsansammlungen beseitigen kann.

**[0020]** Die Spannung wird umgekehrt. Es ist zu beachten, dass jede Spannungsumkehrung nicht zu lange dauern sollte, da das Ergebnis wäre, dass die positiven Ionen zu den Wänden der Systemkammer getrieben werden, wo sie verloren gehen würden. Das hätte zur Folge, dass das Plasma erneut gezündet werden müsste, wenn die ursprüngliche negative Spannung wiederhergestellt ist. Folglich sind die unternommenen Aktionen in ihrer Wirkung auf Zeitspannen von etwa 1 Mikrosekunde bis 10 Mikrosekunden begrenzt, da Plasmen in solchen Zeitrahmen oft nicht ausgelöscht werden.

**[0021]** Außerdem ist es wichtig anzumerken, dass die Spannung in den Fällen, in denen sie in einem gewissen Grad umgekehrt wird, nicht in eine große positive Spannung umgekehrt werden muss. Da die Elektronen (die vom Target angezogen werden sollen) sehr klein und beweglich sind, können sie mit einer sehr kleinen Spannung angezogen werden. Die größeren, trägen Ionen bewegen sich nicht weit, wenn die umgekehrte Spannung nicht zu groß ist und die Umkehrungszeit nicht zu lang ist. Folglich sind in der Praxis entgegengesetzte Spannungen von etwa 5% bis 20% der normalen Betriebsspannung angemessen. Selbstverständlich sind im Bereich des Umkehrens andere Beträge in gewissem Maße möglich. Außerdem kann die Umkehrung wesentlich sein, d. h. ein Betrag, der die gewünschten Wirkungen hervorrufen kann, oder der die geladenen Teilchen wie erforderlich bewegen kann. Diese Umkehrung von Spannung erfolgt in Bezug auf die Kammer selbst, die oft geerdet bleibt.

**[0022]** Wie erwähnt ist, sollte die Umkehrung nicht so lange dauern, dass sie das Plasma auslöscht. Dies vermeidet jede Notwendigkeit, das Plasma wieder zu zünden. Insbesondere sind Zeiten praktisch, die von 1 Mikrosekunde bis zu 10 Mikrosekunden reichen. Selbstverständlich kann dies je nach den verwendeten Geometrien, dem Betrag der beteiligten Umkehrspannung und der Art des Plasmas selbst verschieden sein. Was bei einigen Anwendungen eine erhebliche Spannungsumkehrung darstellt, kann in Fällen, bei denen die Umkehrung länger dauert, sogar verringert sein. Wiederum müssen nur die Aufgaben, entweder die Bearbeitung ungeachtet der Ursache zu verbessern, unausgeglichene Ladungsansammlungen zu beseitigen oder lediglich die Bearbeitung zu unterbrechen, erfüllt werden. Die Kombination des Umkehrspannungsbereichs von 5% bis 20% der Betriebsspannung für eine Zeitdauer von 1 bis 10 Mikrosekunden scheint bei einer Vielzahl von Anwendungen gut zu funktionieren. Diese Potentialwechsel-

beziehung kann folglich die spezifische Kombination der Zeit, in der der Schalter geschlossen ist, der Zeit der ununterbrochenen Bearbeitung und des Prozentsatzes der Spannungsumkehrung in eigener Hinsicht einmalig ausmachen.

**[0023]** Um bei der Bearbeitung für so wenig Unterbrechung wie möglich zu sorgen, wird die Dauer der Umkehrung verglichen mit der ununterbrochenen kontinuierlichen Bearbeitungszeit kurz gehalten. Diese könnte je nach der betroffenen Bearbeitung auch variieren. Wenn die Zeit kurz gehalten wird, kann die Bearbeitung so lange wie möglich stattfinden, wobei sich der Durchsatz verbessert. Durch das Vermeiden von Unterbrechungen, die nicht kurz sind (wie etwa einer 50%-igen Unterbrechung), lösen die Techniken eine weitere Aufgabe, nämlich das Maximieren des Handelswerts des Systems. Selbstverständlich ist eine Änderung dieser Zeiten möglich. Ebenso kann die ununterbrochene kontinuierliche Bearbeitungszeit so lang wie möglich gehalten werden. Folglich kann der normale Betriebspegel der Leistung oder der Spannung etwa aufrechterhalten werden (das Plasma ist oft eine elektrisch sehr veränderliche Umgebung), bis es notwendig ist, das Verfahren zu erneuern. Da dies durch die Zeitspanne bestimmt sein kann, die erforderlich ist, bis sich unausgeglichene Konzentrationen geladener Teilchen bilden, kann diese Zeit variieren. Bei den meisten Systemen wird angenommen, dass die ununterbrochene Ablagerungszeit, in der eine ununterbrochene kontinuierliche Bearbeitung stattfindet, von 10 Mikrosekunden bis 2000 Mikrosekunden dauert. Folglich sollte der periodische Zustand der Umkehrung etwa alle 10 bis 2000 Mikrosekunden auftreten.

**[0024]** Anhand **Fig.** 2 ist ersichtlich, wie die Erfindung in einer Ausführungsform auf ein periodisches, zeitgesteuertes oder selbstausgelöstes Ereignis reagieren kann. Wenn die Zeitgeberschaltungsanordnung (**22**) bewirkt, dass der Schalter (**15**) geschlossen wird, fällt die Spannung sehr rasch in einen entgegengesetzten Zustand. Wie in **Fig.** 2 gezeigt ist, nimmt auch der Strom schnell ab. In **Fig.** 2 ist ein Gegenstromimpuls (**11**) offensichtlich, der auftreten kann, während sich die Spannung umkehrt. Dieser kann durch den Elektronenstrom verursacht sein, der fließt, um die Targetoberfläche zu entladen, und folglich dazu beiträgt, die unausgeglichene Ladungsansammlung zu beseitigen.

**[0025]** **Fig.** 3 zeigt, wie dieselbe Ausführungsform auf ein potentielles Auftreten eines Lichtbogens reagieren kann. Nach dem beginnenden Auftreten eines Lichtbogens zur Zeit A fällt der Spannungspegel (oder die Änderungsrate der Spannung kann variieren). Wie später in Bezug darauf, wie ein beginnender Lichtbogen erfasst wird, erörtert wird, kann dies ein Aspekt sein, der ein Auslösen verursacht, das in dieser Ausführungsform eine Umkehrung der Spannung hervorruft, wie zum Zeitpunkt B gezeigt ist. Wiederum kann aufgrund des Elektronenstroms, der fließt, um die Targetoberfläche oder dergleichen zu entladen, um die unausgeglichene Ladungsansammlung zu beseitigen, ein Gegenstromimpuls (**11**) auftreten. In dieser Situation tritt jedoch wahrscheinlich eine Stromerhöhung auf, da der Lichtbogen in Erscheinung zu treten beginnt, bevor er jedoch durch die Wirkung des Schalters (**15**) verhindert wird. In jeder Situation kann die Umkehrung als eine Möglichkeit wirksam werden, um die unausgeglichene Ladungsansammlung in dem Plasmabearbeitungssystem zu beseitigen. Diese unausgeglichene Ansammlung kann in dem Plasma (**5**) oder an dem Materialtarget (**6**) oder sogar an einer anderen Maske oder an einem anderen Element in dem Bearbeitungssystem auftreten. Die Neigung zu einem Lichtbogen kann auch das Ergebnis anderer Unregelmäßigkeiten sein. Durch das Umkehren der Spannung wird der Strom nicht nur sofort unterbrochen, sondern die Bedingungen, die einen solchen Strom hervorrufen, können zunichtegemacht werden. Das Plasma wird folglich in seiner reinen gleichmäßigen Verteilung wiederhergestellt. Wie sowohl in **Fig.** 2 als auch in **Fig.** 3 gezeigt ist, kann eine typische Wiederherstellung stattfinden, wie sie im Stand der Technik bekannt ist. Diese kann, wie gezeigt ist, ein Ansteigen oder ein Wiederherstellen der Spannung beinhalten, bis der Strom wiederhergestellt ist und wieder eine stabile Zustandsform angenommen ist.

**[0026]** Wie erwähnt ist, kann die unausgeglichene Ladungsansammlung in dem Plasma (**5**) oder an dem Materialtarget (**6**) oder sogar an einer anderen Maske oder an einem anderen Element in dem Bearbeitungssystem auftreten. Die Neigung zu einem Lichtbogen kann auch das Ergebnis von anderen Unregelmäßigkeiten sein. Durch das Umkehren, das Unterbrechen oder ein anderweitiges Eingreifen – ob nach dem Erfassen eines Lichtbogenfalls oder strikt nach dem Ablauf der Zeit – wird ein solcher Strom nicht nur sofort unterbrochen, sondern die Bedingungen, die einen solchen Strom hervorrufen, können zunichtegemacht werden. Das Plasma wird folglich in seiner reinen gleichmäßigen Verteilung wiederhergestellt. Wie erwähnt ist, könnten entweder diese gleichmäßige Verteilung oder eventuell lediglich einige Bearbeitungsvorteile in einigen Systemen auf vielfältige Weise erreicht werden, einschließlich dadurch, lediglich die Leistungs- oder Spannungsversorgung zur Kammer zu unterbrechen. Die Vorgänge werden zwar nicht völlig verstanden, es ist aber verständlich, dass ungeachtet der betreffenden Gründe durch das Nutzen der offenbarten Techniken Vorteile erzielt werden können.

**[0027]** Wie dem Fachmann auf dem Gebiet ohne weiteres klar wird, kann der Strom, obwohl die Leistungsversorgung bei Konstruktionen des Standes der Technik wirksam abgeschaltet wird, nicht sofort un-

terbrochen oder verringert werden. Dies kann das Ergebnis der Energiespeicherung in der Schaltungsanordnung der Leistungsversorgung sein. Um eine sofortige Unterbrechung des Stroms zu erreichen, muss bei einigen Systemen jede Energieentladung, die das Verfahren beeinflusst, vermieden oder minimiert werden. In reaktiven Anwendungen wie etwa der für optische Beschichtungen kann es sein, dass sich dies in Bruchteilen einer Mikrosekunde ereignen muss.

**[0028]** Wiederum in **Fig.** 1 ist eine Ausführungsform für das Erreichen dieser Ziele durch das Umkehren der Spannung offenbart. Wie ersichtlich ist, umfasst diese Ausführungsform einen Induktor mit einem ersten Induktorabschnitt (**13**) und einem zweiten Induktorabschnitt (**14**), die mit der ersten Leitung (**8**) in Reihe geschaltet sind. Wie ohne weiteres klar wird, können der erste Induktorabschnitt (**13**) und der zweite Induktorabschnitt (**14**) auf vielfältige Weise angeordnet und sogar in einer Transformatorkonfiguration vorgesehen sein. Wichtig ist, dass dieser erste Induktorabschnitt (**13**) und dieser zweite Induktorabschnitt (**14**) magnetisch gekoppelt sind. Außerdem ist ein Schalter (**15**) zwischen dem ersten Induktorabschnitt (**13**) und dem zweiten Induktorabschnitt (**14**) mit der zweiten Leitung (**9**) verbunden. Dieser Schalter kann durch die Auslösungsschaltungsanordnung oder, wie gezeigt ist, direkt durch einen Sensor (**17**) gesteuert werden. In einer solchen Anordnung kann der Sensor (**17**) ausgelöst werden, damit er auf vielfältige Weise wirksam wird, um einen Lichtbogenzustand als das tatsächliche Vorhandensein oder als das beginnende Vorhandensein einer Lichtbogenerscheinung im Plasma (**5**) zu erfassen. Wie aus **Fig.** 1 offensichtlich ist, wird die an das Plasma (**5**) angelegte Spannung dadurch, dass der Induktor mit der ersten Leitung (**8**) in Reihe geschaltet ist, nach dem Auslösen des Schalters (**15**) sofort umgekehrt. Diese Umkehrung kann die sofortige Unterbrechung des Stroms durch das Plasma (**5**) hervorrufen, wobei sie außerdem bewirken kann, dass jede unausgeglichene Ladungsansammlung von dem Plasma entfernt wird, wie zuvor erörtert wurde, oder sie kann aus unbekannten Gründen einfach Verfahrensvorteile bieten. Die Spannung kann selbstverständlich auf vielfältige Weise umgekehrt werden und dennoch als ein Äquivalent der vorliegenden Erfindung, das auch das Zuführen eines anderen Leistungsquellenausgangs oder das Umschalten auf eine entgegengesetzte Spannung und dergleichen umfasst, jedoch nicht darauf beschränkt ist, betrachtet werden.

**[0029]** Um die Spannung wie anhand der **Fig.** 2 und **Fig.** 3 erörtert umzukehren, kann der zweite Induktorabschnitt (**14**) nicht nur mit dem ersten Induktorabschnitt (**13**) magnetisch gekoppelt sein, sondern sein Wicklungsverhältnis zum ersten Induktorabschnitt (**13**) kann außerdem wenigstens etwa 10% betragen. Auf eine solche Art würde das Wicklungsverhältnis die Größe der entgegengesetzten Spannung bestimmen. Da eine wesentliche entgegengesetzte Spannung gewünscht ist (und in einigen Fällen entweder etwa 5% bis 20% des normalen Betriebspegels oder sogar 10 V bis 100 V), würde ein Wicklungsverhältnis von wenigstens etwa 10% die zuvor erwähnten Aufgaben lösen. Selbstverständlich könnten andere Induktorformen und sogar andere Komponenten auf eine äquivalente Art verwendet werden und würden immer noch im Schutzumfang dieses Patents liegen. Die entgegengesetzte Spannung kann nicht nur wenigstens ausreichend sein, um den unerwünschten Zustand schnell zu beseitigen, sie darf auch nicht so groß sein, dass das Risiko besteht, dass sie erneut einen Lichtbogen zündet oder dass sie das Plasma in eine entgegengesetzte Betriebsart treibt und es dadurch auslöscht. Diese Grenzwerte variieren selbstverständlich je nach Anwendung, jedoch wird bei den jetzt betrachteten Anwendungen angenommen, dass die erörterten Grenzen adäquat sind. Es wird angemerkt, dass es möglich ist, dass einige bei anderen Anwendungen vorhandene Konstruktionen eine geringfügige Spannungsumkehrung erreichen könnten, wenn sie ein Abschalten der Leistungsquelle bewirken. Selbst wenn diese geringfügige Spannungsumkehrung auf die reaktive Katodenzerstäubung angewendet wird, ist sie lediglich eine Begleiterscheinung besonderer Schaltungsauslegungen und wäre nicht die wesentliche Spannungsumkehrung, die einige Aspekte der vorliegenden Erfindung umfassen, da sie die Beseitigung der unausgeglichenen Ladungsansammlungen erreichen. Außerdem wäre die Ausführung des Schalters (**15**) vorzugsweise von der sich nicht verriegelnden Art, damit ein leichtes Öffnen des Schalters (**15**) ermöglicht wird, um die Umkehrung oder einen anderen Zustand zu beenden. In Bezug auf bestimmte Ausführungen des Schalters (**15**) wurde festgestellt, dass Bipolartransistoren mit integriertem Steueranschluss, Feldeffekttransistoren, bipolare Darlington-Transistoren und normale Bipolartransistoren adäquat sind, wobei jedoch die Bipolartransistoren mit integriertem Steueranschluss in der vorliegenden Konfiguration eine leichtere Steuerung bieten.

**[0030]** Anhand **Fig.** 3 ist ersichtlich, dass das früheste Erfassen eines potentiellen Auftretens eines Lichtbogens bei Aspekten wünschenswert ist, die auf ein potentielles Auftreten von Lichtbögen reagieren. Auf diese Weise wird die Größe der Stromerhöhung aufgrund eines Lichtbogens herabgesetzt. Bei der in **Fig.** 1 dargestellten Ausführungsform ist gezeigt, dass der Sensor (**17**) wirksam wird, so nahe am Plasma (**5**) wie möglich Bedingungen zu erfassen. Dabei treten natürlich genauere Messwerte auf. Wie der Fachmann auf dem Gebiet leicht versteht, kann durch eine richtige Konfiguration eine Vielfalt von Erfassungsentscheidungen genutzt werden. Wie in **Fig.** 3 gezeigt ist, fällt die Spannung in Reaktion auf ein Lichtbogenereignis abrupt ab, weshalb eine Kombination entweder einer hohen Änderungsra-

te der Ausgangsspannung oder des Ausgangsstroms oder beides und/oder einer niedrigen Ausgangsspannung oder eines anwachsenden Stroms genutzt und erfasst werden kann. Es wurde festgestellt, dass bei der bevorzugten Ausführungsform das Verwenden eines absoluten Spannungswerts zum frühestmöglichen Zeitpunkt zuverlässig auf das beginnende Auftreten von Lichtbögen hinweist. Was den Spannungswert anbelangt, so kann entweder ein spezifischer Spannungsabfall der Ausgangsspannung wie etwa 200 Volt oder ein prozentualer Spannungsabfall wie etwa 40% genutzt werden. Selbstverständlich kann die Bestimmung des Prozentsatzes je nach Anwendung variieren, es wird jedoch angenommen, dass eine niedrige Spannung von etwa 40% bis 50% des Nennausgangs der Versorgung bei vielen Anwendungen eine adäquate Leistung erzielt, während eine natürlich auftretende Änderung der normalen Betriebspegel berücksichtigt wird. Außerdem sind sicherlich weitere Entwürfe einschließlich der Schaltungen möglich, die ”erfassen”, wenn die Ausgangsspannung oder der Ausgangsstrom über einen Pegel steigt und dann ”reagieren”, wenn sie bzw. er anschließend unter diesen Pegel zurückfüllt. Während diese neuartige Erfassungstechnik wiederum konzeptuell fundiert ist, könnten die tatsächlichen Werte für die betreffenden speziellen Systeme experimentell bestimmt werden.

**[0031]** Wiederum aus **Fig.** 1 wird offensichtlich, wie eine spezielle Leistungsquelle modifiziert werden könnte, um die Aufgaben der vorliegenden Erfindung zu lösen. Wie der Fachmann auf dem Gebiet leicht versteht, könnte dann, wenn eine umschaltbare Leistungsversorgung beteiligt wäre, die Gleichstromleistungsquelle (**1**) einen Oszillator (**18**) enthalten. Der Oszillator (**18**) könnte lediglich ein Wechselstromeingang oder ein Mittel zum Abnehmen von Wechselstrom sein. Der Wechselstrom besitzt eine vorherrschende Frequenz und wird durch den Umwandler (**19**) in Gleichstromleistung umgewandelt. Ein Leistungsversorgungsschalter (**20**) würde dann wie bekannt einbezogen werden, um ein alternierendes Signal mit einer höheren Frequenz zu erzeugen. Dieses alternierende Signal wird dann durch einen Gleichrichter (**21**) in einen Gleichstromausgang zurücktransformiert werden. Wenn in **Fig.** 1 auch einige konzeptionelle Elemente im Leistungsversorgungsschalter (**20**) und im Gleichrichter (**21**) gezeigt sind, so dienen diese nur dem visuellen Verständnis. Sie beschränken nicht den Umfang der Vorrichtungen, von denen angenommen wird, dass sie im Schutzumfang dieses Patents wie beansprucht liegen, da solche Aspekte und ihre Äquivalente Fachleuten wohl bekannt sind. Um die Leistungsquelle zu modifizieren, wird der Induktor, der einen ersten Abschnitt (**13**) und einen zweiten Abschnitt (**14**), den Schalter (**15**) und ein Steuermittel wie etwa den Sensor (**17**) sowie eine Zeitgeberschaltungsanordnung (**22**) enthält, die zuvor gezeigt und erörtert wurden, in die Gleichstromleistungsquelle (**1**) einbezogen. Folglich würde die Gleichstromleistungsquelle nicht nur eine Spannung liefern, sie würde ein Mittel, um den Ausgang oder eine Spannung zu analysieren, und ein Mittel, um den Stromfluss durch ihren Lastkreis sofort zu unterbrechen, enthalten. Durch das Einbeziehen des zweiten Induktorabschnitts (**14**) und des Schalters (**15**) würde diese modifizierte Leistungsquelle eine Spannungsumkehrschaltungsanordnung enthalten, welche die Spannung am Lastkreis umkehren kann. Weitere solcher Mittel einschließlich anderer Konfigurationen lediglich eines Schalters oder sogar anderer Leistungsversorgungselemente sind ebenfalls möglich. Wenn kein zweiter Induktorabschnitt enthalten sein würde, könnten selbstverständlich der Schalter (**15**) und die Zeitgeberschaltungsanordnung (**22**), wiederum ungeachtet dessen, wo sie konfiguriert werden oder wie dies erreicht wird, als eine Unterbrechungsschaltungsanordnung dienen, welche die Gleichstromleistung unterbricht. Bei einem solchen Beispiel, das keine Ausführungsform ist, könnte keine entgegengesetzte Spannung auftreten, bei einem korrekten Systementwurf könnte jedoch eine sofortige Unterbrechung des Stroms durch das Plasma (**5**) oder lediglich eine Unterbrechung der Leistungs- oder Spannungsversorgung auftreten. Bei einem solchen Entwurf kann das Einbeziehen des ersten Induktorabschnitts (**13**) dennoch einem wertvollen Zweck dienen. Wenn der Schalter (**15**) ausgelöst wird, würde ein großer erster Induktorabschnitt (**13**) dazu dienen, eine ausreichende Last an der Gleichstromleistungsquelle (**1**) zu erzeugen, so dass diese direkte Laständerung keine übermäßige Belastung der Leistungsquelle (**1**) verursachen würde. Was die Größe des ersten Induktorabschnitts (**13**) anbelangt, so würde dieser im Zusammenhang mit dieser Erfindung als ”groß” betrachtet werden, so lange die Induktivität des ersten Induktorabschnitts (**13**), wenn sie mit der Impedanz des Schalters (**15**) und mit der Leistungsversorgungs-Ausgangsimpedanz kombiniert wird, eine Zeitkonstante ergibt, die ausreichend größer als die Zeitspanne ist, in der der Schalter geschlossen wäre. Wie der Fachmann auf dem Gebiet leicht versteht, würde diese Art der Konfiguration bewirken, dass die Leistungsversorgung während der Zeitdauer, in welcher der Schalter (**15**) geschlossen wäre, ausreichend belastet und entlastet bleibt.

**[0032]** Wenn sie in einem Gleichstrom-Plasmabearbeitungssystem genutzt wird, würde die Leistungsquelle selbst Gleichstromleistung zuführen, um eine Ablagerung eines Beschichtungsmaterials hervorzurufen, und würde eine Konstruktion besitzen, welche die erste Leitung und die zweite Leitung verbinden könnte, um ihr Ziel zu erreichen. In jeder Anordnung dient das Zeitgebermittel (**22**) dazu, den Schalter (**15**) während der vorgeschriebenen Zeiten zu schließen.

**[0033]** Außerdem könnten eine solche Leistungsquelle und ein solches System in einer Präventivbe-

triebsart betrieben werden, durch die das Plasma (**5**) durch das Anlegen einer im Wesentlichen entgegengesetzten Spannung periodisch von jeder unausgeglichenen Ansammlung geladener Teilchen bereinigt werden könnte. Dieses periodische Bereinigen tritt so häufig wie alle 10 Mikrosekunden bis alle 2000 Mikrosekunden auf, wiederum je nach dem speziellen betroffenen Verfahren, wie zuvor erörtert wurde. Durch das Bereitstellen eines Zeitgebers (**22**), um den Schalter (**15**) auszulösen, wird, wiederum ungeachtet dessen, wo er konfiguriert wird oder wie dies erreicht wird, ein Mittel zum periodischen Bereinigen des Plasmas (**5**) erzielt, wie der Fachmann auf dem Gebiet leicht versteht. Selbstverständlich könnten auch andere Mittel, die umfassen, lediglich die Leistungsversorgung zu unterbrechen, die Spannung zu unterbrechen oder sogar andere physikalische Phänomene einzubringen, für das Bereinigen des Plasmas geschaffen werden.

**[0034]** Anhand der Ansprüche ist ersichtlich, dass in vielen Fällen ein Element auf ein anderes Element anspricht. Dies ist im weitesten Sinn gemeint. Da das Sensormittel (**17**) beispielsweise Zustande erfasst, die letztlich eine Betätigung des Schalters (**15**) hervorrufen, sollte angenommen werden, dass der Schalter (**15**) auf das Sensormittel (**17**) anspricht. Dies gilt trotz der Tatsache, dass der Ausgang gefiltert, umgewandelt oder durch ein anderes Element wie etwa durch einen programmierbaren Prozessor und dergleichen ausgewertet werden kann. Eine Zwischenbearbeitung oder eine Manipulation würde sich auf diese Ansprechbarkeit nicht auswirken. Ebenso können viele Schritte bei den erörterten Techniken zu verschiedenen Zeitpunkten, in verschiedenen Reihenfolgen und sogar an äußeren Stellen ausgeführt werden, wie der Fachmann auf dem Gebiet versteht. Selbstverständlich würde jede solche Änderung im Umfang dieses Patents liegen. Dies gilt besonders für die vorliegende Erfindung, da Eingänge an verschiedenen Stellen geschaffen oder erzeugt werden können und da die Prozessfähigkeit erreicht oder über die Konstruktion verteilt oder von außen auferlegt werden kann. Selbstverständlich liegen festverdrahtete Entwürfe, Firmwareentwürfe und eine reine Programmierung oder Unterroutinen ebenfalls im Umfang dieser Erfindung.

## Patentansprüche

1. Verfahren zur reakiven Katodenzerstäubung, bei dem ein Lichtbogen unterdrückt oder vermieden wird, umfassend das Zuführen eines leitenden Materialtargets (**6**), um in einer Beschichtungskammer (**2**) Beschichtungsmaterial freizusetzen, Zuführen wenigstens eines reaktiven Gases in die Beschichtungskammer, wobei das Gas mit dem Beschichtungsmaterial reagiert, um elektrisch isolierendes Material zu bilden, Zuführen von Gleichstromleistung durch Anlegen einer Gleichspannung in die Beschichtungskammer aus einer Gleichstromleistungsquelle, um ein aus geladenen Teilchen gebildetes Plasma (**5**) zu erzeugen, und Hervorrufen einer Ablagerung wenigstens eines Teils des elektrisch isolierenden Materials auf einem Substrat (**7**) durch die Wirkung des Plasmas; gekennzeichnet durch das periodische Umkehren der das Plasma erzeugenden Gleichspannung während einer Zeitspanne im Bereich zwischen 1 und 10 Mikrosekunden ohne Auslöschung des Plasmas, wobei die Umkehrung jeweils nach einer Zeit im Bereich von 10 Mikrosekunden bis 2000 Mikrosekunden durch Anlegen einer entgegengesetzten Spannung mit einem Pegel im Bereich zwischen 5 und 20 Prozent der Gleichspannung bewirkt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, bei dem die Größe der entgegengesetzten Spannung im Bereich zwischen 10 und 100 Volt liegt.

3. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem, bei dem ein Lichtbogen unterdrückt oder vermieden wird, mit einer Beschichtungskammer (**2**), einem leitenden Materialtarget (**6**), das so angeordnet ist, dass es Beschichtungsmaterial in der Kammer freisetzt, einer Versorgung für reaktives Gas, die mit der Beschichtungskammer verbunden ist, wobei das Gas mit dem Beschichtungsmaterial reagiert, um ein elektrisch isolierendes Material zu bilden, einer Anode (**3**), die in der Beschichtungskammer in der Nähe des Materialtargets (**6**) positioniert ist, und einer Gleichstromleistungsquelle (**1**), die an die Anode (**3**) und an das Materialtarget eine Gleichspannung anlegt und ein Plasma (**5**), das geladene Teilchen enthält, erzeugt, gekennzeichnet durch eine Zeitgeberschaltungsanordnung (**22**) und eine Spannungsumkehrschaltungsanordnung, die so betreibbar ist, dass sie die das Plasma erzeugende Gleichspannung für eine Zeitspanne im Bereich zwischen 1 und 10 Mikrosekunden jeweils nach einer Zeit im Bereich von 10 bis 2000 Mikrosekunden umkehrt, indem sie eine entgegengesetzte Spannung mit einem Pegel im Bereich zwischen 5 und 20 Prozent der Gleichspannung ohne Auslöschung des Plasmas anlegt, wobei die Spannungsumkehrschaltungsanordung auf die Zeitgeberschaltungsanordung anspricht.

4. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 3, ferner mit einem Sensor (**17**), auf den die Spannungsumkehrschaltungsanordung anspricht.

5. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 4, bei dem der Sensor (**17**) eine niedrige Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle erfasst.

6. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 4, bei dem der Sensor (**17**) eine hohe Änderungsrate der Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle erfasst.

7. Reaktives Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 6, bei dem der Sensor außerdem eine niedrige Ausgangsspannung der Gleichspannungsquelle erfasst.

8. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 3, bei dem die Gleichspannungsquelle über eine erste Leitung (**8**) mit dem Materialtarget verbunden ist und über eine zweite Leitung (**9**) mit der Anode verbunden ist und bei dem die Spannungsumkehrschaltungsanordnung umfasst:
a. einen Induktor (**13**, **14**), der mit der ersten Leitung in Reihe geschaltet ist und einen ersten Induktorabschnitt (**13**) und einen zweiten Induktorabschnitt (**14**), die magnetisch gekoppelt sind, besitzt; und
b. einen Schalter (**15**), der an einem Punkt zwischen dem ersten Induktorabschnitt und dem zweiten Induktorabschnitt zwischen die erste Leitung und die zweite Leitung geschaltet ist.

9. Reaktives Plasma-Katodenzerstäubungssystem nach Anspruch 8, bei dem der Schalter (**15**) auf einen Sensor (**17**) anspricht.

10. System nach Anspruch 8, bei dem die Induktivität des ersten Induktorabschnitts dann, wenn sie mit der Schalterimpedanz und mit der Leistungsversorgungs-Ausgangsimpedanz kombiniert wird, eine Zeitkonstante ergibt, die größer als die Zeitspanne ist, in der der Schalter geschlossen wäre.

11. System nach Anspruch 10, bei dem das Wicklungsverhältnis des zweiten Induktorabschnitts zu dem ersten Induktorabschnitt wenigstens 10 Prozent beträgt.

Es folgen 2 Seiten Zeichnungen

**Anhängende Zeichnungen**

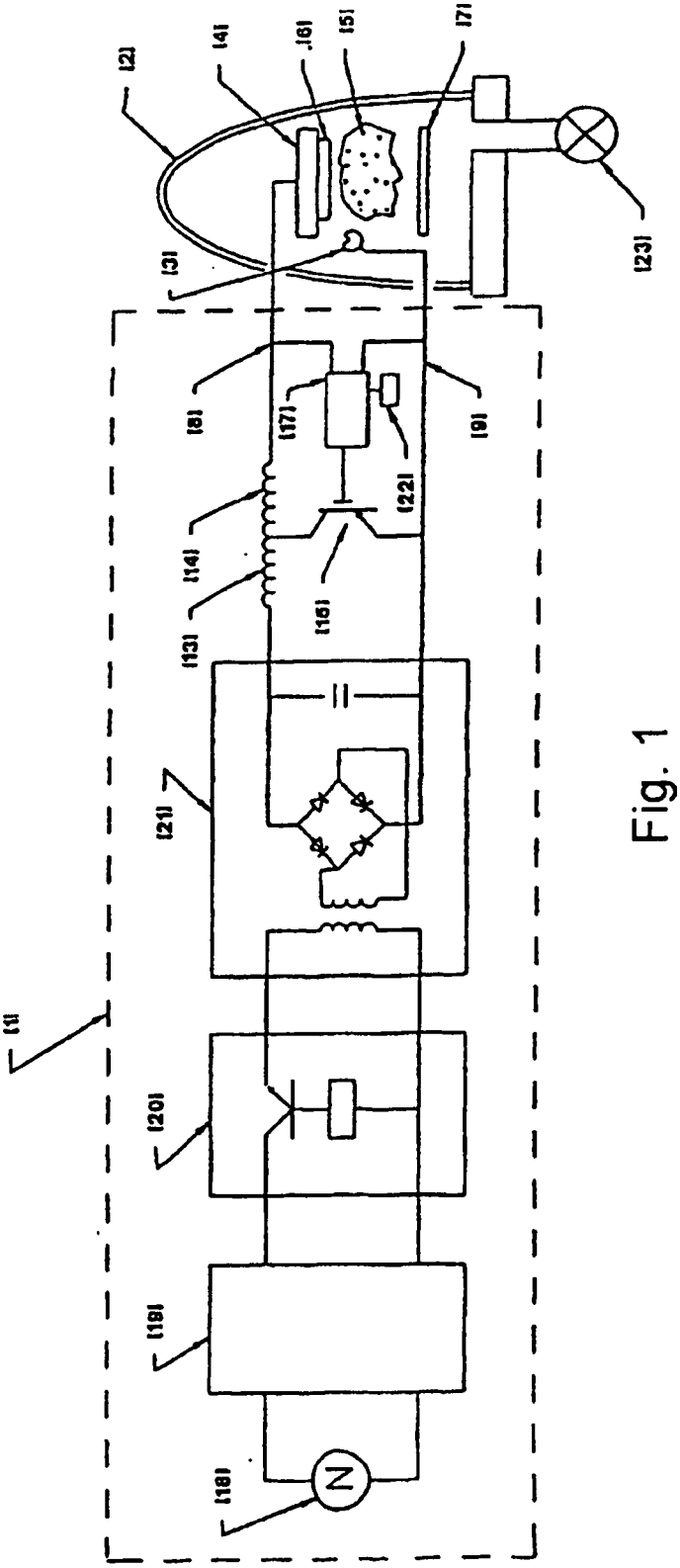


Fig. 1

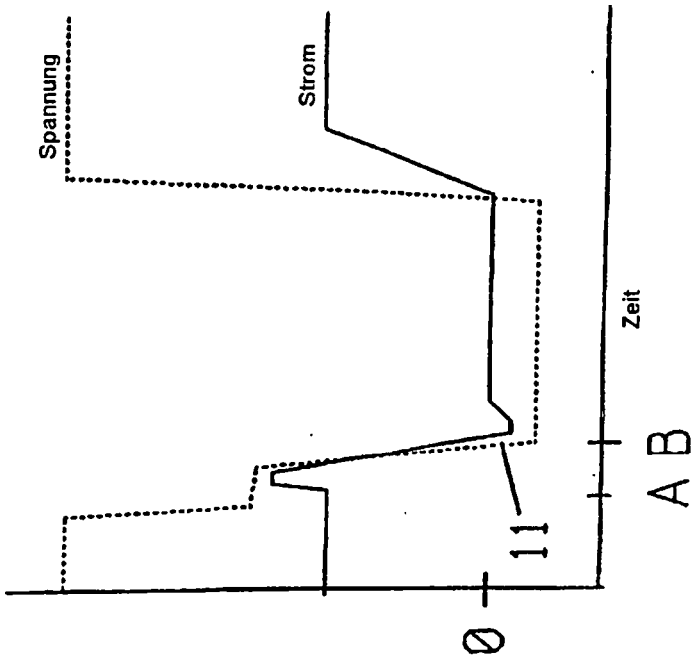


Fig. 3

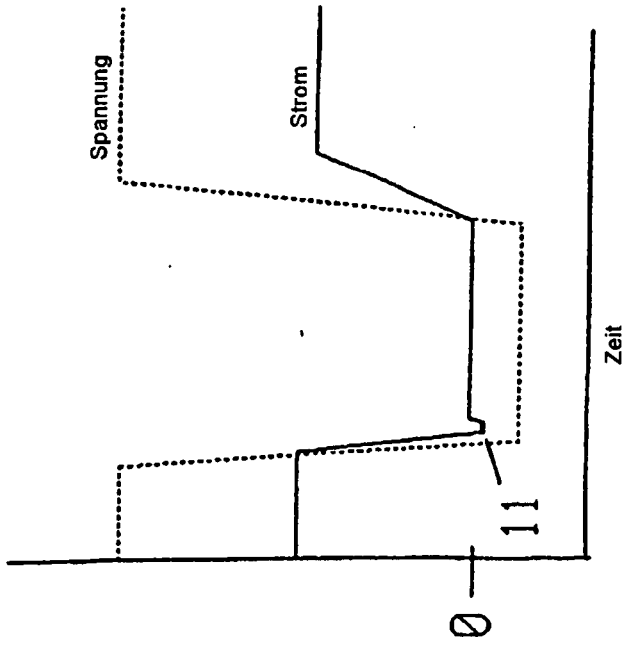


Fig. 2